Aus dem metallographischen Laboratorium der prothetischen Abteilung am zahnärztlichen Universtätsinstitut Basel.
Vorsteher: Prof. Dr. med. Max Spreng

Homogenisierungsversuche an Gold-Silber-Platin-Legierungen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

AUGUST JAKOB WYSS, ZAHNARZT

aus Büron (Kt. Luzern)

APOLLONIA-VERLAG BASEL 1942

Buchdruck + Graphische Anstalt Gebr. Strobel A. G., Mostackerstrasse 5

Aus dem metallographischen Laboratorium der prothetischen Abteilung am zahnärztlichen Universtätsinstitut Basel.
Vorsteher: Prof. Dr. med. Max Spreng

Homogenisierungsversuche an Gold-Silber-Platin-Legierungen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

AUGUST JAKOB WYSS, ZAHNARZT

aus Büron (Kt. Luzern)

APOLLONIA-VERLAG BASEL 1942

Buchdruck + Graphische Anstalt Gebr. Strobel A. G., Mostackerstrasse 5

Von der medizinischen Fakultät der Universität Basel
genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. Max Spreng

Tag der Promotion: 25. Februar 1942

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Als eine Hauptforderung für alle zahnärztlichen Edelmetall-Legierungen gilt ihre Mundbeständigkeit, das heisst, die Beständigkeit gegen Auflösung und Verfärbung im Munde. Mundbeständig sind nur Legierungen, die aus homogenen Mischkristallen bestehen. Inhomogene Kristallstruktur hingegen bedingt Korrosion, das heisst, Auflösungs- und auch Verfärbungserscheinungen. Da die gewöhnlich verwendeten 18—22karätigen Goldlegierungen (Gelb-, Grün-, Rotgold) meist nur umständlich nach dem Gusse mit Sicherheit homogen zu gestalten waren und auch ihre mechanischen Eigenschaften nicht genügend befriedigen konnten, ging man zuerst in Amerika dazu über, den zahnärztlichen Legierungen Platin zuzusetzen.

Man erhielt dadurch Legierungen mit besseren mechanischen Eigenschaften und unauffälligerer Farbtönung, da Platin die Goldlegierungen aufhellt. Die Guss-Strukturen der Legierungen werden durch Platinzusatz feinkörniger, das heisst, ihre Kristalle oder Körner sind kleiner als bei den entsprechenden Legierungen ohne Platinzusatz. Aber es ergab sich auch die Beobachtung, dass bei platinhaltigen Goldlegierungen leichter eine *homogene* Mischkristallstruktur zu erzielen war als bei den gewöhnlichen Legierungen. Manche Strukturen waren schon vom Guss weg homogen, andere wiederum benötigten eine relativ kurze Glühdauer, um homogen zu werden, ganz im Gegensatz zu den gewöhnlichen 18—22karätigen Goldlegierungen, die zu ihrer Homogenisierung eine lange Glühdauer benötigten. Für die zahnärztliche Praxis dürfte es sicherlich nicht gleichgültig sein, ob Legierungen auf umständliche oder einfache Art homogen gestaltet werden können. Homogen aber müssen die Legierungen sein, sonst sind sie nicht mundbeständig.

Versuche in unserem metallographischen Laboratorium hatten seinerzeit ergeben, dass es möglich ist, platinhaltige Goldlegierungen zusammenzusetzen, deren nach dem Guss zunächst inhomogene

Struktur durch einfache Flammenglühung während $^1/_2$—$1^1/_2$ Minute mit Sicherheit in die homogene Mischkristallstruktur übergeführt werden kann.

Um noch weiteren Aufschluss über die Wirkung von Platinzusatz zu Goldlegierungen auf ihre Struktur, insbesondere ihre Homogenität, resp. Inhomogenität, resp. leichtere Homogenisierbarkeit zu erhalten, wurde mir die Aufgabe gestellt, drei verschiedene Versuchslegierungen von verschiedenem Platingehalt metallographisch zu untersuchen. Die drei Versuchslegierungen sind Gold-Platin-Silber-Legierungen, von wechselnder Zusammensetzung der drei Legierungskomponenten. Es galt festzustellen, ob der unterschiedliche Platinzusatz allein genügt, um vom Guss weg schon homogene Strukturen zu bekommen, resp. die Homogenisierbarkeit zu erleichtern. Die Legierungen sind mit Nr. I, II, III bezeichnet, über ihre Zusammensetzung sei folgendes angegeben:

Legierung I, Platingehalt: 10 %
Zusammensetzung: Au, *Pt*, Ag,
(Farbe: blassgelb, Schmelzintervall: 950° C — 1050° C)

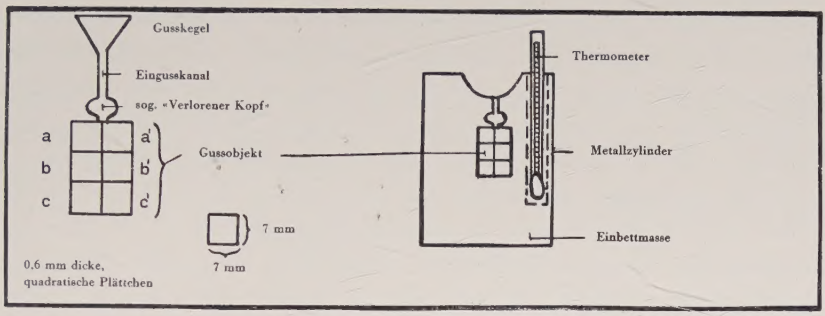
Legierung II, Platingehalt: 3 %
Zusammensetzung: Au, *Pt*, Ag,
(Farbe: hellgelb, Schmelzintervall: 900° C — 950° C)

Legierung III, Platingehalt: 5 %
Zusammensetzung: Au, *Pt*, Ag,
(Farbe: hellgelb, Schmelzintervall: 880° C — 945° C)

Die Zusammensetzung entspricht einer 18karätigen Goldlegierung mit 5 % Platin.

Die Untersuchungsanordnung war folgende: Von jeder Legierung wurden Gussobjekte, wie in Fig. 1 abgebildet, hergestellt und in 6 gleich grosse Plättchen zugeschnitten, welche dann die Schliffe ergaben. Die Plättchen wurden durch Buchstaben kenntlich gemacht, damit ihre Lage zum Gusskanal jederzeit feststand. Es sollte nämlich darauf geachtet werden, ob sich, je nach der Entfernung vom Gusskanal, Verschiedenheiten in der Legierungsstruktur (Kristallgrösse) ergeben.

Fig. 1



Die Gussobjekte wurden alle mit der nämlichen Einbettmasse umgeben; das Einbetten erfolgte unter gleichbleibenden Bedingungen. Die gegossenen Objekte schreckten wir bei 400° C im Leitungswasser ab. Um die Abschrecktemperaturen festzustellen, war in der Einbettmasse des Gusszylinders eine Ausparung für ein Thermometer angebracht. Alle Daten der Gussanordnung sind aus Fig. 1 ersichtlich.

Die quadratischen Metallplättchen a, b, c (Versuchsreihe I), vide Fig. 1 wurden so belassen, wie sie nach dem Schleuderguss waren. Die Metallplättchen a', b', c' (Versuchsreihe II) dagegen wurden nach vorherigem Eintauchen in gesättigte Borsäurelösung zunächst in der Bunsenflamme (ungefähr in der Mitte zwischen blauer Kernflammenspitze und Gesamtflammenspitze) 30 Sekunden lang geglüht. Das Eintauchen dieser Metallplättchen in konzentrierte Borsäurelösung geschah, um bei der Flammenglühung die Bildung oberflächlicher Oxydationen zu verhindern oder wenigstens auf ein Minimum zu beschränken. Es wurden aber auch Flammenglühungen ohne vorheriges Eintauchen in Borsäure durchgeführt. Nach dem Flammenglühen wartete man, bis die Rotglut verschwand und schreckte die Metallplättchen in 70 %igem spiritus dilutus ab. Ausser Flammenglühungen sind auch Ofenglühungen vorgenommen worden.

Zum Abschrecken von Legierungen nach Glühbehandlungen können verschiedene Flüssigkeiten verwendet werden. Für rein wissenschaftliche Zwecke kann Eiswasser in Frage kommen. Für praktische Zwecke bedient man sich 10 %iger Schwefelsäure, Leitungs-

wasser, oder für kaltbearbeitete Bleche mit Vorteil spiritus dilutus (ca. 70 %ig). 10 %ige Schwefelsäure hat den Vorteil, oberflächliche Oxydschichten und Oberflächenverunreinigungen zu entfernen. Spiritus dilutus mildert den Abschreckvorgang. Dies hat praktische Bedeutung. Gewisse Metallteile, die durch Kaltbearbeitung noch weiter verformt werden sollen, müssen abgeschreckt werden, da sie sich bei langsamer Abkühlung etwas vergüten, d. h. härten und für eine weitere Verformung zu unnachgiebig werden.
Spiritus als Abschreckflüssigkeit verhindert, dass sich Abschreckspannungen ergeben, die das Metall spröd und brüchig machen könnten.

Wird eine Legierung geschmolzen, so erstarrt sie, d. h. bilden sich die Mischkristalle wieder innerhalb des ihr zukommenden Erstarrungsintervalles. In diesem Temperaturbereich bauen sich die Mischkristalle schichtweise auf. Jede Schicht hat eine andere Zusammensetzung der Legierungskomponenten. Die Legierungsstruktur besteht aus inhomogenen Mischkristallen. In günstigem Falle gleichen sich die Konzentrationen der Schichten nach Abfluss der Kristallisation durch Diffusion aus. Meist trifft dies jedoch nicht zu, und man ist genötigt, die Diffusion der verschiedenen Metallschichten im schon festen Metall durch eine Glühbehandlung herbeizuführen. Man bezeichnet diesen Vorgang als *Homogenisierung*, er bedeutet das Überführen der inhomogenen Schichtkristalle in homogene Mischkristalle durch Diffusionsausgleich. Homogen sind die Mischkristalle, wenn sie von gleicher prozentualer Zusammensetzung der Legierungskomponenten sind, was im mikroskopischen Schliffbild eine einheitliche, gleichmässige und gleichartige Struktur erkennen lässt. Inhomogene Legierungsstrukturen sind auch bei hochedlen Legierungen nicht vollkommen mundbeständig. Es ist deshalb praktisch ein grosser Vorteil, wenn zahnärztliche Legierungen sich leicht homogenisieren lassen. Über Homogenisierungsvorgänge sollen uns die folgend beschriebenen Versuche und Abbildungen Aufschluss geben.

Versuchsanordnung: 3 Plättchen a, b, c, vide Fig. 1, die vom Einguss verschieden entfernt waren, wurden zunächts, so wie sie vom Guss weg waren, zu Schliffen verarbeitet. Dann wurden mit den

Plättchen Glühversuche von verschiedener Dauer vorgenommen und zwar sowohl in der Leuchtgasflamme als auch im elektrischen Ofen.

Die Plättchen wurden mit oder ohne Borsäureanstrich geglüht. Man wollte dadurch herausfinden, ob Borsäure imstande ist, Oxydationen beim Glühen zu verhindern.
Ferner wurde darauf geachtet, ob sich die Kristallgrösse je nach dem Abstand vom Einguss verändert.

ANORDNUNG DER VERSUCHE UND BEFUNDE BEI DEN DREI UNTERSUCHTEN PLATIN-HALTIGEN EDELMETALL-LEGIERUNGEN I, II UND III

Legierung I: Au, Pt (10 %), Ag, Fig. 1, Fig. 2—19.

1. Versuchsreihe: mit den *3 Metallplättchen Ia, b, c,* entsprechend den verschiedenen Entfernungen vom Einguss-Kanal, *nach Guss,* also ohne vorherige Wärmebehandlung, Fig. 2, 3, 4.

Befund:

Homogenität: alle 3 Metallplättchen sind *inhomogen.*

Korngrösse: Diese Versuchsreihe zeigt besonders schön, wie die Korngrösse der Kristalle mit der Entfernung vom Einguss-Kanal abnimmt. Fig. 2 grosse Kristalle, Fig. 3 mittelgrosse Kristalle, Fig. 4 kleinere Kristalle.

2. Versuchsreihe: mit den *Metallplättchen I a', b', c', 30 Sekunden in der Bunsenflamme geglüht* und abgeschreckt, Fig. 5, 6, 7.

Befund:

Homogenität: alle 3 Metallplättchen sind *inhomogen* geblieben.

3. Versuchsreihe: Die *3 Metallplättchen der 2. Versuchsreihe* wurden weitere 30 Sekunden in der Bunsenflamme geglüht, also im Ganzen *1 Minute,* Fig. 8, 9, 10.

Befund:

Homogenität: alle 3 Metallplättchen sind noch *inhomogen.* Die Struktur der Kristalle wird hingegen etwas deutlicher.

4. *Versuchsreihe:* mit den *3 Metallplättchen von Fig. 1—3.* Sie wurden *15 Minuten lang im elektrischen Ofen* bei einer Temperatur von *900° C,* also 50° C unterhalb dem Soliduspunkt *geglüht* und abgeschreckt, Fig. 11, 12, 13.

Befund:

Homogenität: alle 3 Metallplättchen sind noch *inhomogen,* weisen aber schon deutliche Anzeichen beginnender Homogenisierung, deutlichere Kristallgrenzenzeichnung auf, so besonders schön beim Metallplättchen von Fig. 13.

5. *Versuchsreihe:* die *3 Plättchen der 5. Versuchsreihe* wurden nun weitere 15 Minuten, also *30 Minuten im elektrischen Ofen* bei einer Temperatur von *900° C geglüht* und abgeschreckt, Fig. 14, 15, 16.

Befund:

Homogenität: alle 3 Plättchen sind *beinahe homogen,* sie zeigen viel deutlichere Kristallgrenzenzeichnung.

Korngrösse: wie auch schon in der vorhergehenden 5. Versuchsreihe allerdings nur andeutungsweise, so wird jetzt hier in der *6.* Versuchsreihe der Unterschied in der Korngrösse bei verschiedener Entfernung vom Eingusskanal deutlicher. So weisen die Metallplättchen Fig. 14 (unmittelbar beim Eingusskanal) und Fig. 16 (am weitesten entfernt vom Eingusskanal) im Durchschnitt grössere Kristalle auf als das Metallplättchen Fig. 15 (in mittlerer Entfernung vom Eingusskanal), wo die durchschnittliche Korngrösse etwas kleiner ist und konstantere Verhältnisse zeigt.

6. *Versuchsreihe: mit den 3 gleichen Plättchen.* Sie wurden nun weitere 30 Minuten *im elektrischen Ofen* bei einer Temperatur von *900° C* geglüht und abgeschreckt. Die *Gesamtglühdauer* beträgt also *1 Stunde,* Fig. 17, 18, 19.

Befund:

Homogenität: diese 7. Versuchsreihe zeigt trotz der längeren Glühdauer keine wesentlichen Fortschritte zu einer Homogenisierung, mit Ausnahme des Metall-Plättchens Fig. 18 (in mittlerer Entfernung vom Eingusskanal), das homogen ist. Dagegen sind die übrigen 2 Plättchen, Fig. 17 und 19, noch inhomogen, letzteres allerdings weniger.

Korngrösse: wie auch schon in den vorhergehenden (*4.* und *5.*) Versuchsreihen, so ist jetzt hier der Unterschied in der Korngrösse bei verschiedener Entfernung vom Eingusskanal deutlicher. So weisen die Plättchen Fig. 17 (unmittelbar beim Eingusskanal) und Fig. 19 (am weitesten entfernt vom Eingusskanal) im Durchschnitt grössere Metallkristalle auf als das Plättchen Fig. 18 (in mittlerer Entfernung vom Eingusskanal), wo die durchschnittliche Korngrösse etwas kleiner ist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE ÜBER LEGIERUNG I

Die Legierung I mit 10 % Platin-Gehalt liess sich weder durch Glühen in der Flamme noch durch Glühen im elektrischen Ofen bei einer Dauer bis 60 Minuten bei 900° C homogen bekommen. Nur ein einziges Bild, Fig. 18, zeigt homogene Struktur. *Platinzusatz allein scheint also nicht auszureichen, um leichte Homogenisierung einer Goldlegierung zu erlangen.*

Eine vorherige Überschichtung mit konzentrierter Borsäurelösung, der in der Bunsenflamme geglühten Plättchen, Fig. 8—10, verhinderte oder reduzierte eine oberflächliche Oxydschichtbildung. Dagegen war dies bei den im elektrischen Ofen geglühten Plättchen, Fig. 14—16, *nicht* der Fall.

Legierung II: Au, Pt (3 %), Ag, Fig. 1, Fig. 20—34

1. Versuchsreihe: mit den *3 Metallplättchen IIa, b, c,* entsprechend den verschiedenen Entfernungen vom Eingusskanal, *nach Guss,* also ohne vorherige Wärmebehandlung, Fig. 20, 21, 22.

Befund:

Homogenität: alle 3 Metallplättchen sind *inhomogen.*

Korngrösse: Diese Versuchsreihe zeigt keine deutlichen Unterschiede in Bezug auf Korngrösse und Kristallstruktur.

2. Versuchsreihe: mit den *3 Metallplättchen II a', b', c', 30 Sekunden in der Bunsenflamme geglüht* und abgeschreckt, Fig. 23, 24, 25.

Befund:

Homogenität: alle 3 Metallplättchen sind *inhomogen* geblieben.

Korngrösse: Ein deutlicher Korngrössenunterschied mit der weiteren Entfernung vom Eingusskanal scheint nicht zu bestehen, jedoch eine leichte Andeutung einer Kornverkleinerung. Die Struktur und die Konturen der Kristalle werden deutlicher.

3. Versuchsreihe: die *3 Metallplättchen der 2. Versuchsreihe* wurden weitere 30 Sekunden in der Bunsenflamme geglüht, also im Ganzen *1 Minute,* Fig. 26, 27, 28.

Befund:

Homogenität: alle 3 Metallplättchen sind noch *inhomogen.* Die Struktur der Kristalle wird hingegen etwas deutlicher.

Korngrösse: Leichte Andeutung einer Verkleinerung des Kornes mit der weiteren Entfernung vom Eingusskanal.

4. Versuchsreihe: mit den *3 Metallplättchen von Fig. 20—22.* Sie wurden *15 Minuten lang im elektrischen Ofen* bei einer Temperatur von *850° C,* also 50° C unterhalb dem Soliduspunkt, *geglüht* und abgeschreckt, Fig. 29, 30, 31.

Befund:

Homogenität: alle 3 Metallplättchen sind *homogen* geworden und zeigen eine sehr schöne sogenannte Korngrenzenätzung (im Gegensatz zur sogenannten Kristallfelderätzung).

Korngrösse: Diese *4.* Versuchsreihe zeigt deutlich eine Abnahme der Korngrösse mit der weiteren Entfernung vom Eingusskanal. Besonders gut sichtbar ist das bei einem Vergleich des Metallplättchens von Fig. 29 (unmittelbar nach dem Eingusskanal), mit dem Metallplättchen von Fig. 31 (am weitesten entfernt vom Eingusskanal). Die dunkeln, grösseren und kleineren Punkte in der Kristallstruktur sind sogenannte Lunker, höchstwahrscheinlich ein Zeichen dafür, dass die betreffende Edelmetall-Legierung beim Giessen etwas überhitzt wurde.

5. Versuchsreihe: die *3 Plättchen der 4. Versuchsreihe* wurden nun weitere 15 Minuten, also *30 Minuten im elektrischen Ofen* bei einer Temperatur von *850° C geglüht* und abgeschreckt, Fig. 32, 33, 34.

Befund:

Homogenität: alle 3 Metallplättchen sind *homogen.* Sie zeigen eine sehr schöne Kristallflächenätzung (im Gegensatz zur sogenannten Korngrenzenätzung).

Korngrösse: Diese *5.* Versuchsreihe zeigt eine, zufolge der Flächenätzung nicht so deutlich wie in der *4.* Versuchsreihe bei Korngrenzenätzung hervortretende, Abnahme der durchschnittlichen Korngrösse mit der weiteren Entfernung vom Eingusskanal. Die dunkeln, grösseren und kleineren Punkte in der Kristallstruktur, besonders im Metallplättchen von Fig. 32 (also unmittelbar nach dem Eingusskanal), die bei den anderen zwei, vom Eingusskanal weiter entfernten Plättchen von Fig. 33 und 34 fast vollkommen fehlen, weisen auf Lunker hin. Höchstwahrscheinlich rühren sie davon her, dass die betreffende Edelmetall-Legie-

rung beim Giessen etwas überhitzt wurde. Dies wirkt sich natürlich besonders in der Nähe des Eingusskanals aus, wo wir ohnehin inkonstantere Verhältnisse und grösseres Korn beobachten, und bei den Metallplättchen von Fig. 29, 30 (der *4.* Versuchsreihe) und bei Fig. 32 (der *5.* Versuchsreihe) wird dies sehr deutlich wahrnehmbar.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE ÜBER LEGIERUNG II

Die Legierung II mit 3 % Platin-Gehalt liess sich durch Glühen in der Flamme nicht homogenisieren. Dagegen zeigte sich durch Glühen im elektrischen Ofen schon nach 15 Minuten bei 850° C homogene Struktur.

Im Vergleich mit den entsprechenden fast homogenen Metallplättchen von Fig. 18, 19 (resp. von Fig. 14, 15, 16) der Legierung I, zeigen die homogenen Plättchen von Fig. 32, 33, 34 der Legierung II bei gleicher Vergrösserung (100fach) ein deutlich grösseres und gröberes Korn der Kristalle, was auf einen geringeren Platingehalt der Legierung II schliessen und den deutlichen Einfluss des Platingehaltes auf die Korngrösse des Gussgefüges erkennen lässt.

Eine vorherige Überschichtung mit gesättigter Borsäurelösung der in der Bunsenflamme geglühten Plättchen, Fig. 26–28, verhinderte oder reduzierte nur wenig eine oberflächliche Oxydschichtbildung. Bei den im elektrischen Ofen geglühten Plättchen, Fig. 32 bis 34, hatte die Überschichtung mit Borsäure keine Wirkung.

Legierung III: Au, Pt (5 %), Ag
(die Zusammensetzung entspricht einer 18karätigen Legierung), Fig. 1, Fig. 35—43

Bei dieser Legierung untersuchte ich, ob sie schon bei zeitlich abgestuftem Flammenglühen, angefangen bei einer halben Minute und gesteigert bis zu dreieinhalb Minuten, homogen wurde; es war nicht der Fall.

1. Versuchsreihe: mit den *3 Metallplättchen IIIa, b, c,* entsprechend den verschiedenen Entfernungen vom Eingusskanal, *nach Guss,* also ohne vorherige Wärmebehandlung, Fig. 35, 36, 37.

Befund:

Homogenität: alle 3 Metallplättchen sind *inhomogen.*

Korngrösse: Diese Versuchsreihe zeigt keine deutlichen Unterschiede in der Korngrösse.

2. Versuchsreihe: Das Metallplättchen von Fig. 36 wurde 30 Sekunden in der Bunsenflamme geglüht und abgeschreckt, Fig. 38.

Befund:

Homogenität: *inhomogen.*

Korngrösse: Keine Veränderung der Korngrösse. Die Umrisse der Kristalle werden jedoch deutlicher.

3. Versuchsreihe: Flammenglühung während $3^1/_2$ Minuten bewirkte am Metallplättchen Fig. 38 wohl Zunahme der *Korngrösse* (Fig. 39—43), die *Kristallstruktur* dagegen blieb nach wie vor *inhomogen.*

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE ÜBER LEGIERUNG III

Die Legierung III, mit 5 % Platingehalt, liess sich durch Glühen in Flamme nicht homogenisieren.

Die durchschnittliche Kristallgrösse dieser Legierung nimmt ungefähr die Mitte ein zwischen derjenigen der Legierung I (feinkörnig) und der Legierung II (grobkörnig).

Ein vorheriges Überziehen mit Borsäurelösung der in der Bunsenflamme geglühten Plättchen (Fig. 38—43) konnte Oberflächenoxydationen nicht verhindern.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde die Guss-Struktur von drei Goldlegierungen mit verschiedenem Platingehalt (10 %, 3 %, 5 %) daraufhin untersucht, ob der Platinzusatz als solcher genüge, um die Homogenität der Kristallstruktur zu erleichtern. Dabei zeigte sich, dass Platinzusatz nicht ohne weiteres Homogenität gewährleistet, es muss auch die sonstige Zusammensetzung der Legierung günstig sein. Nur bei der Legierung mit 3 % Plantingehalt war mit den üblichen Mitteln Homogenität zu erzielen. Diese Ergebnisse dürften insofern interessant sein, als vielfach die Meinung herrscht, Goldlegierungen mit Platinzusätzen müssten nach dem Giessen unbedingt homogen ausfallen. Hingegen haben auch diese Untersuchungen den Einfluss des Platins auf die Korn-, d. h. Kristallgrösse bestätigen können. Bei höherem Platinzusatz wird das Korn kleiner. Die Legierung mit 10 % Platin ergab die kleinsten Kristalle, dann folgte die Legierung mit 5 % Platin, und die grössten Kristalle waren an der Legierung mit nur 3 % Platin festzustellen. Die Korngrösse ist von bedeutendem Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften einer Legierung. Es ist deshalb anzunehmen, dass höherer Platinzusatz die mechanischen Eigenschaften verbessert.

Als Nebenbefunde ergab sich die Beobachtung, dass die Kristallgrösse an den Gussobjekten mit grösserer Entfernung vom Gusskanal abnimmt. Die gleichmässigste Kristallgrösse war in einer mittleren Entfernung vom Einguss vorhanden.

Bei den Glühversuchen wurde auch der Einfluss von gesättigter Borsäurelösung auf oberflächliche Oxydbildungen untersucht. Es konnte folgendes festgehalten werden: Wird ein Metallobjekt durch Eintauchen in gesättigter Borsäurelösung mit Borsäure umschichtet und dann in der Bunsenflamme geglüht, so kann oberflächliche Oxydation verhindert oder wenigstens stark vermindert werden. Dagegen war dieser günstige Einfluss der Borsäure beim Glühen der Metallteile im elektrischen Ofen nicht festzustellen.

LITERATUR

Falk, K.: Einführung in die Werkstoffkunde für Zahnärzte. J. F. Lehmanns Verlag, München/Berlin, 1937.

Goerens, Prof. Dr. Ing., Dr. phil. j. c.: Einführung in die Metallurgie. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale), 1932.

Schoenbeck, Prof. F. (Berlin): Zahnärztliche Metallkunde.

Spreng, Max, Prof.: Homogenität und Inhomogenität zahnärztlicher Legierungen. Erschienen in der «Schw. M. f. Z.», Bd. 50, 1940, H. 2.

Spreng, Max, Prof.: Metallkunde für den Zahnarzt, Basel 1940, Apollonia-Verlag.

Tammann, G.: Lehrbuch der Metallkunde.

Die Fortschritte der Zahnheilkunde (Dr. Julius Misch). 1926: Nr. 10, 1927: Nr. 10, 1928: Nr. 10, 1933: Nr. 10.

Tafel I.

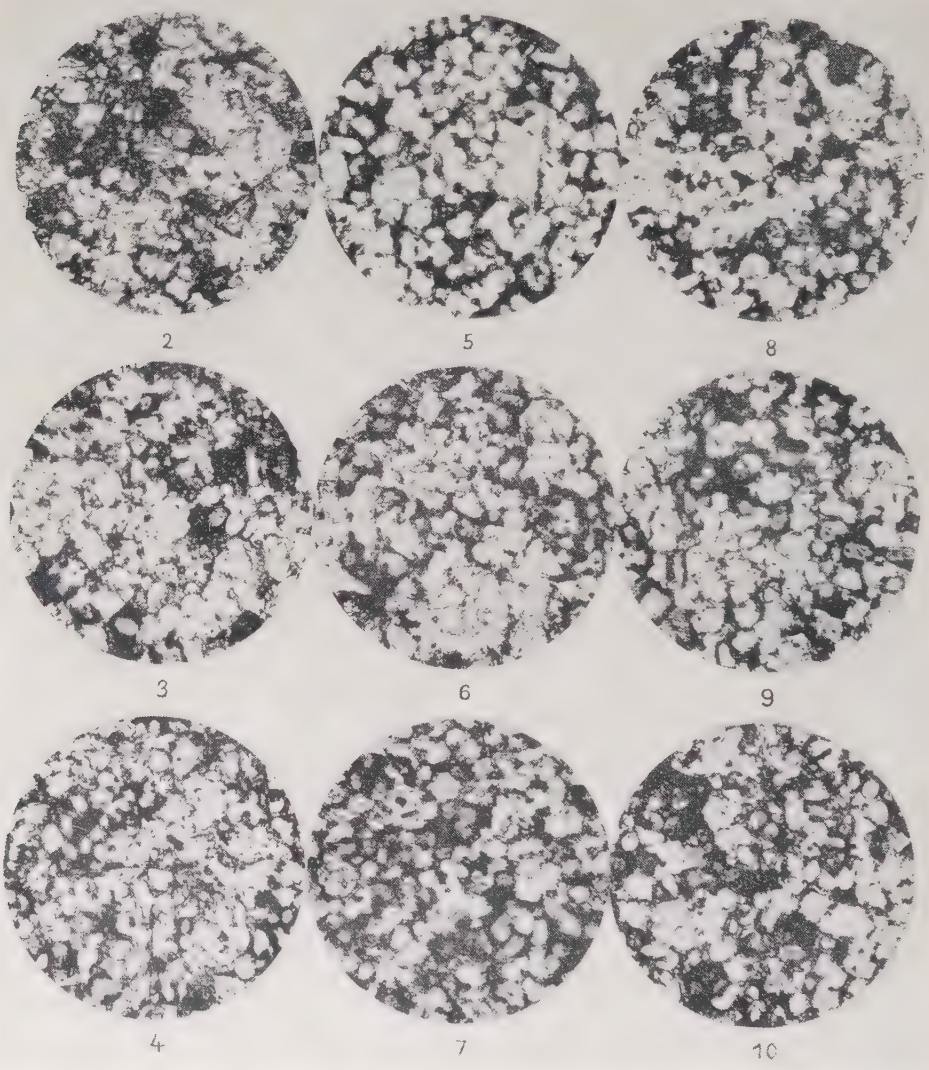
Homogenisierungsversuche an Legierung No. I: Platingehalt 10%. (Fig. 2—19)

Zusammensetzung: Au, Pt, Ag. Blassgelb (Schmelzintervall 950° C—1050° C)

Ia.
Beim Eingusskanal

Ib.
In mittlerer Entfernung vom Eingusskanal

Ic.
Am weitesten entfernt vom Eingusskanal



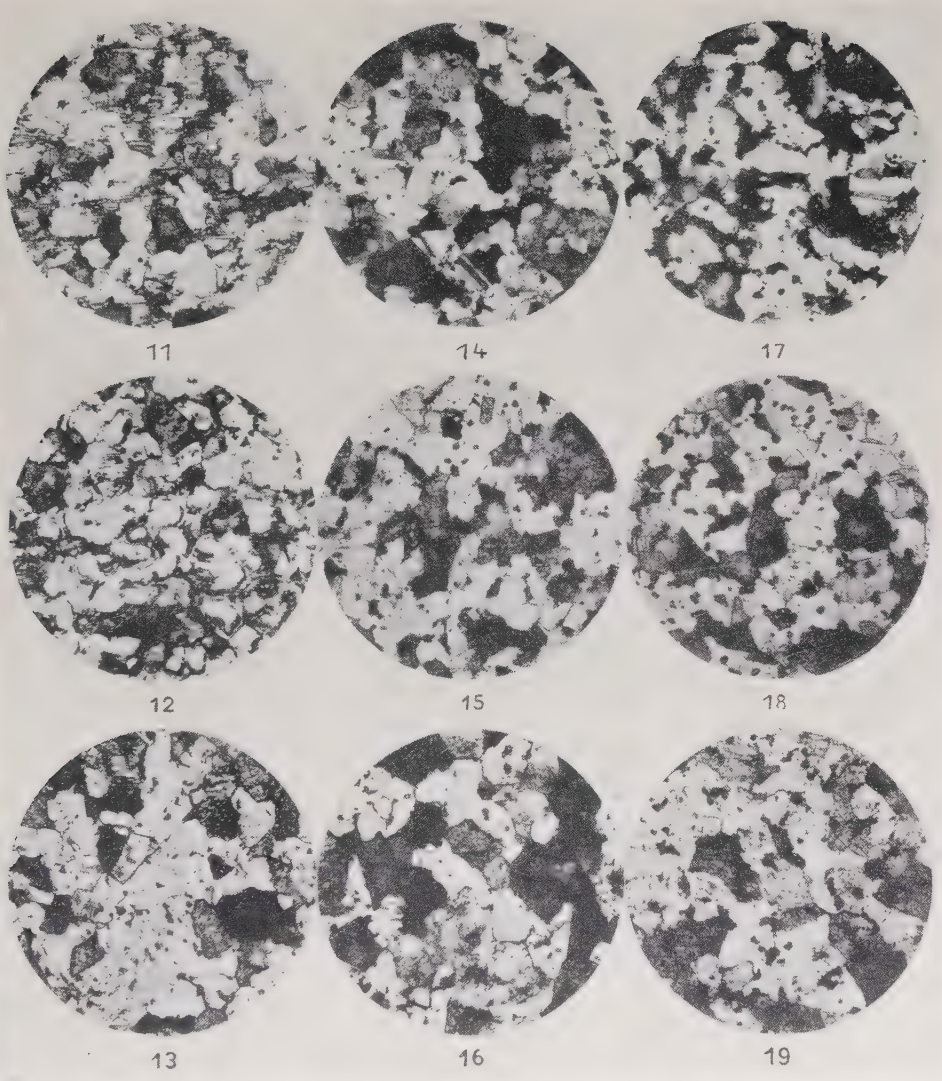
Nach Guss

Ohne Borsäure

30 Sek. in Flamme geglüht + abgeschreckt in Alkohol

Mit Borsäure conc.

1 Min. in Flamm geglüht + abgeschreckt in Alkohol



Ohne Borsäure

15 Min. im elektrischen Ofen homogenisiert bei 900° C + abgeschreckt in Alkohol

Mit Borsäure conc.

30 Min. im elektrischen Ofen homogenisiert bei 900° C + abgeschreckt in Alkohol

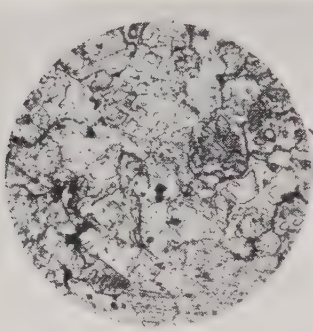
Ohne Borsäure

1 Stunde im elektr. Ofen homogenisiert bei 900° C + abgeschreckt in Alkohol

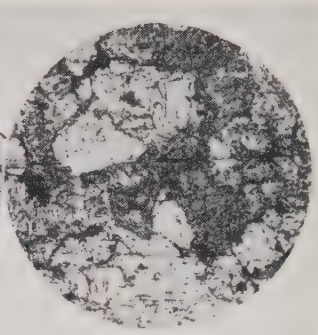
Homogenisierungsversuche an Legierung No. II: Platingehalt 3 %. (Fig. 20—34)

Zusammensetzung: Au, Pl, Ag. Hellgelb (Schmelzintervall 900° C—950° C)

II a.
Beim Eingusskanal

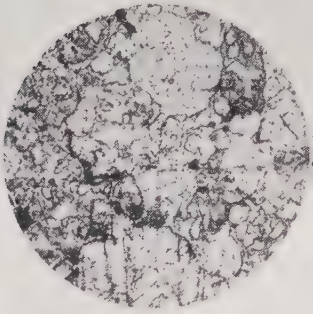


20

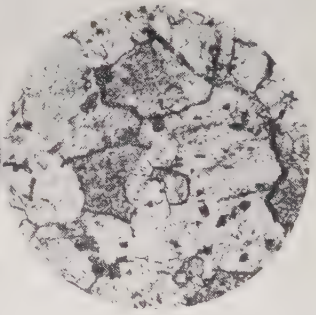


23

II b.
In mittlerer Entfernung vom Eingusskanal

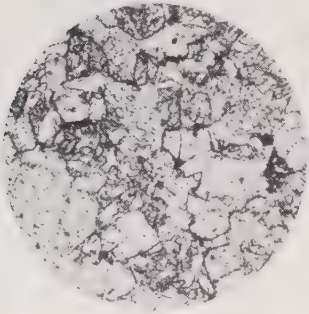


21

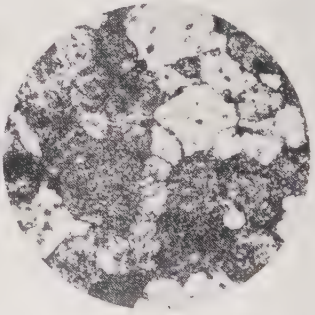


24

II c.
Am weitesten entfernt vom Eingusskanal



22

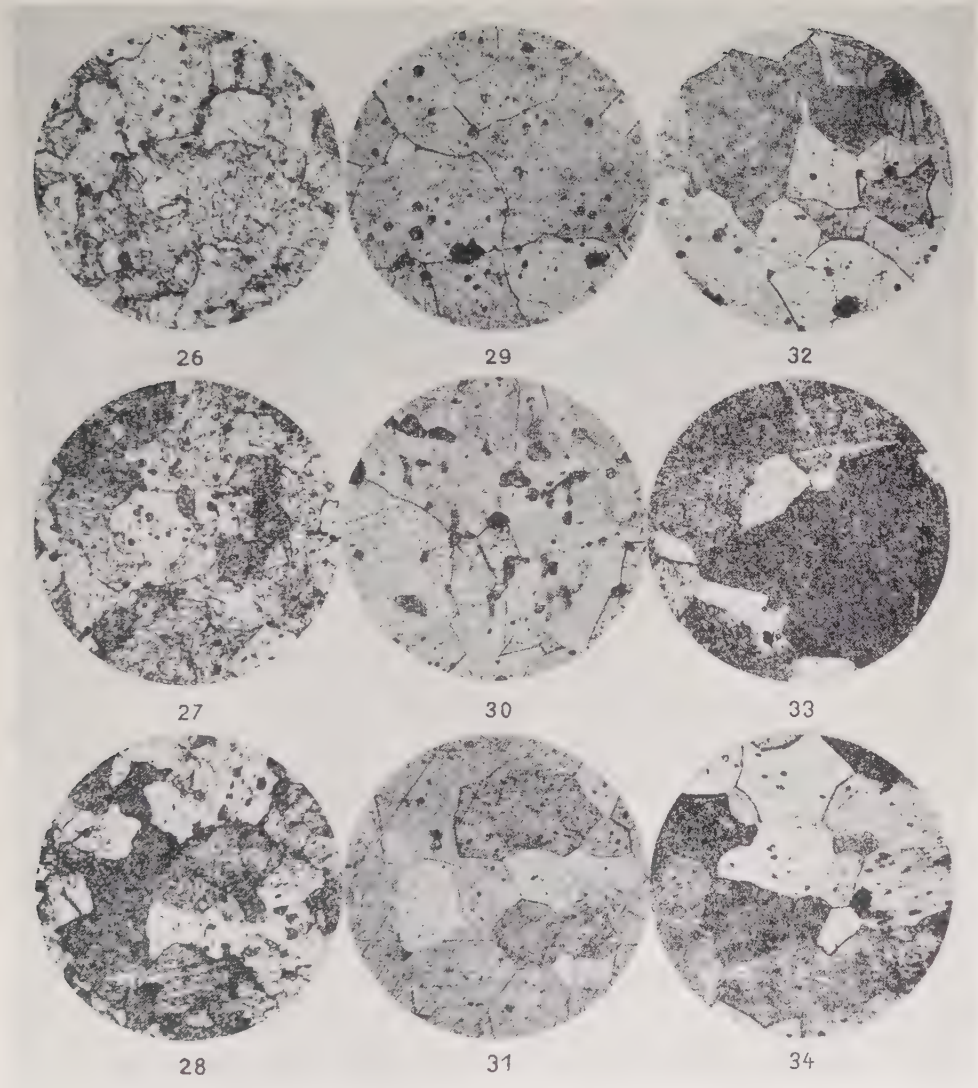


25

Nach Guss

Ohne Borsäure

30 Sek. in Flamme geglüht + abgeschreckt in Alkohol



Mit Borsäure conc.

1 Min. in Flamme geglüht + abgeschreckt in Alkohol

Ohne Borsäure

15 Min. im elektrischen Ofen bei 850° C homogenisiert + abgeschreckt in Alkohol

Mit Borsäure

$^1/_2$ *Std.* im elektrischen Ofen bei 850° C homogenisiert + abgeschreckt in Alkohol

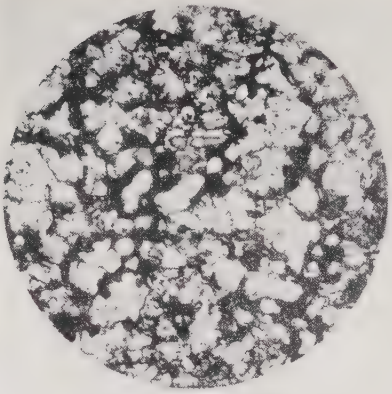
Tafel V.

Homogenisierungsversuche an Legierung No. III: Platingehalt 5%. (Fig. 35-43)

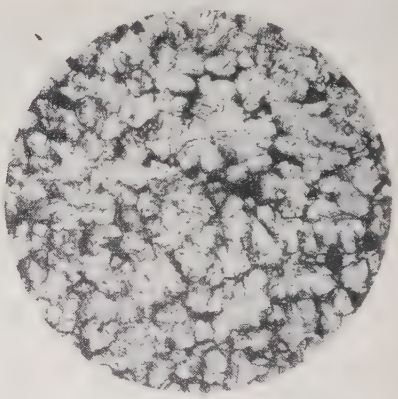
Zusammensetzung: Au, Pt, Ag. 18 Kt. Hellgelb (Schmelzintervall 880° C—945° C)

III b. Nach Guss in mittlerer Entfernung vom Eingusskanal

III a.
Nach Guss beim Eingusskanal

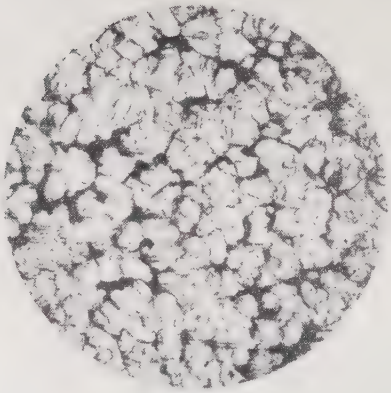


35

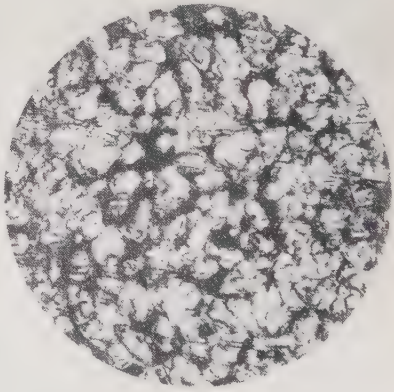


36

III b.
In mittlerer Entfernung vom Eingusskanal

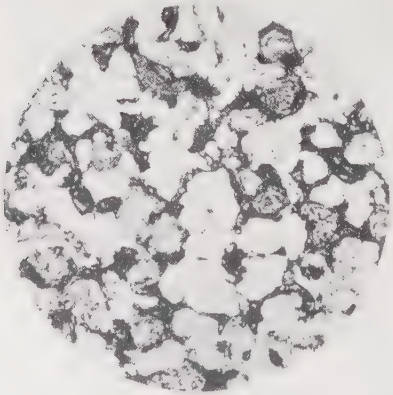


38

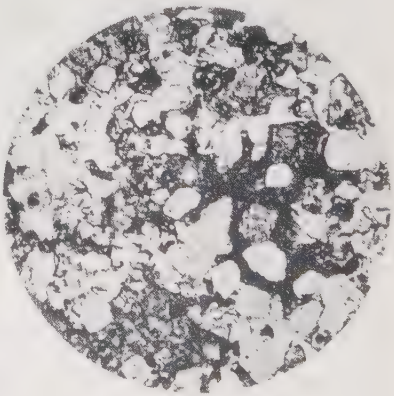


39

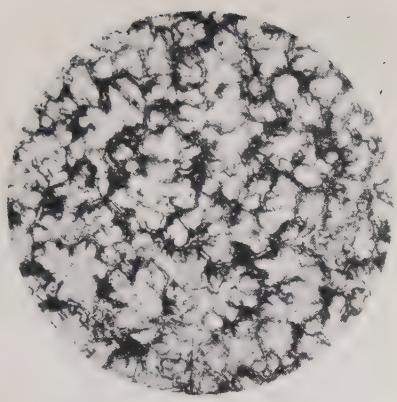
III b.
In mittlerer Entfernung vom Eingusskanal



41



42

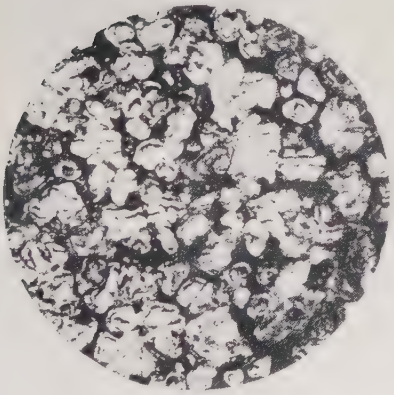


37

III c.

Nach Guss

am weitesten entfernt vom Eingusskanal



40

Fig. 38

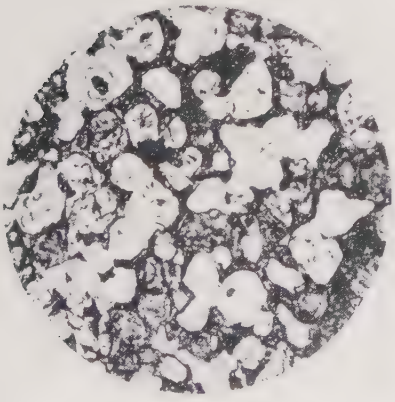
30 Sek. in Flamme geglüht + abgeschreckt in Alkohol

Fig. 39

1 Min. in Flamme geglüht + abgeschreckt in Alkohol

Fig. 40

2 Min. in Flamme geglüht + abgeschreckt in Alkohol



43

Fig. 41

$2^1/_2$ *Min.* in Flamme geglüht + abgeschreckt in Alkohol

Fig. 42

3 Min. in Flamme geglüht + abgeschreckt in Alkohol

Fig. 43

$3^1/_2$ *Min.* in Flamme geglüht + abgeschreckt in Alkohol